

2026/6/20 2026年度 河川技術シンポジウム

ダム堆砂の土砂還元に適した置土の 土質状態に関する水理模型実験

東洋建設株式会社 ○大熊 広樹 小川 直央 河田 晃靖 宮本 順司

背景・目的

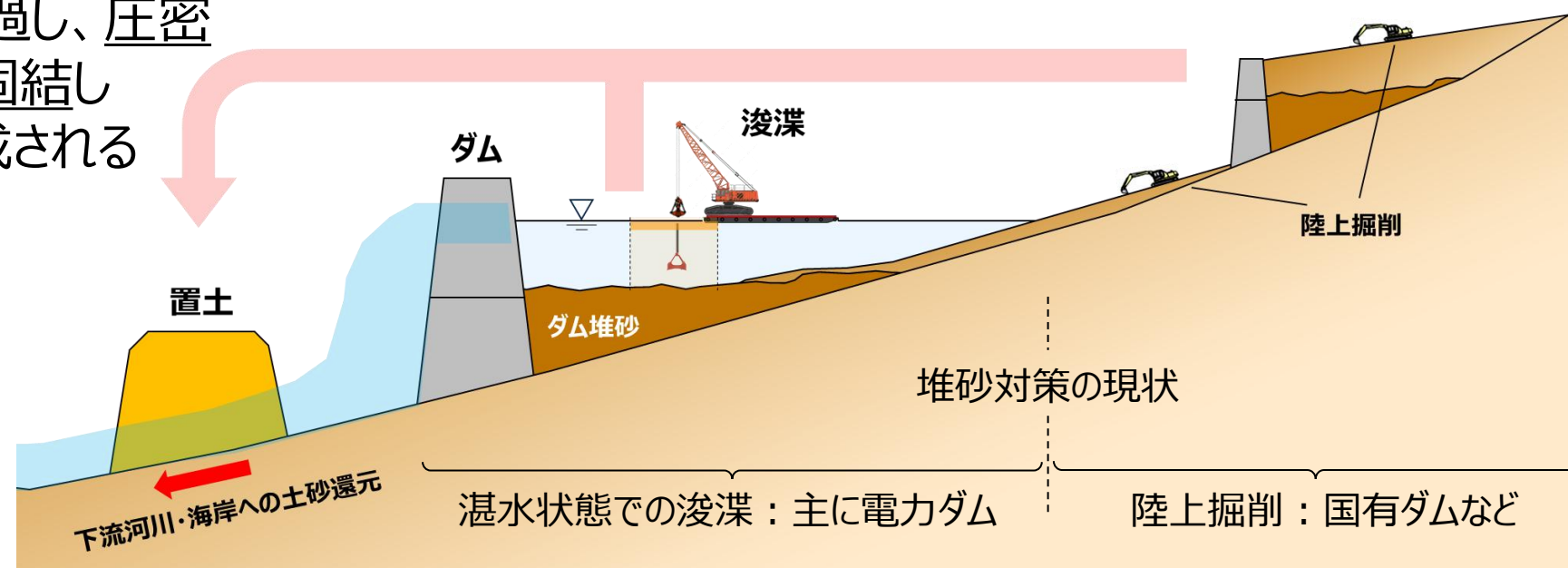
背景：ダムは治水・利水において重要な役割を担っている一方で、排砂設備のないダムは経年とともに土砂が堆積し、貯水機能低下、河川環境の悪化、海岸侵食等の問題を引き起こす

対策：土砂還元（置土） → 堆砂を河川下流へ置土し、出水期等の下流河川・海岸への土砂還元を促す

課題：置土してから長期間が経過し、圧密
や植生等によって置土が固結し
流されにくい土砂塊が形成される



堆砂の残留の例

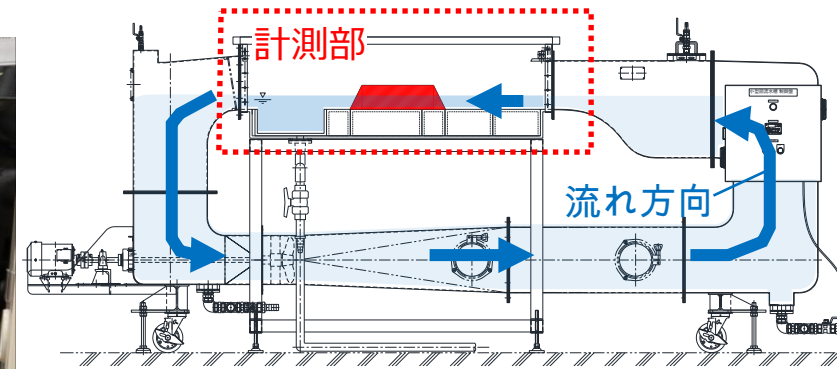
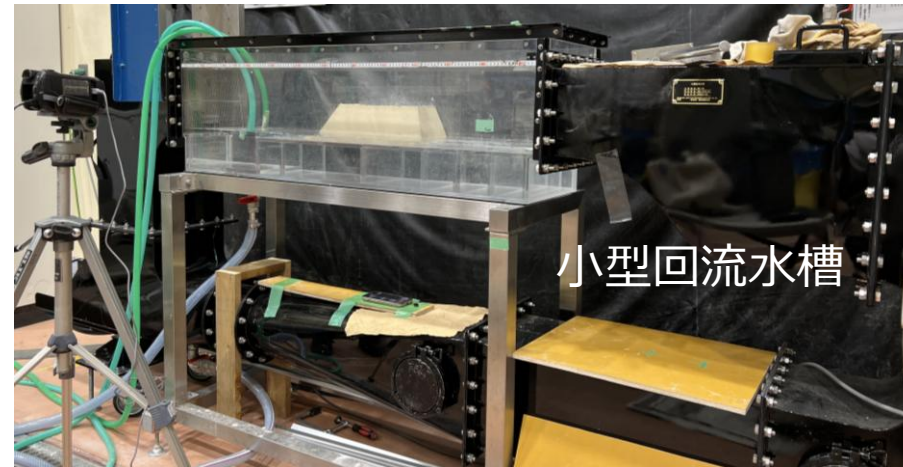


目的：流されやすい効果的・効率的な好条件の置土を検証するため、置土の土砂の配合や状態等を変えた置土模型の小型回流水槽による侵食実験を実施

実験概要

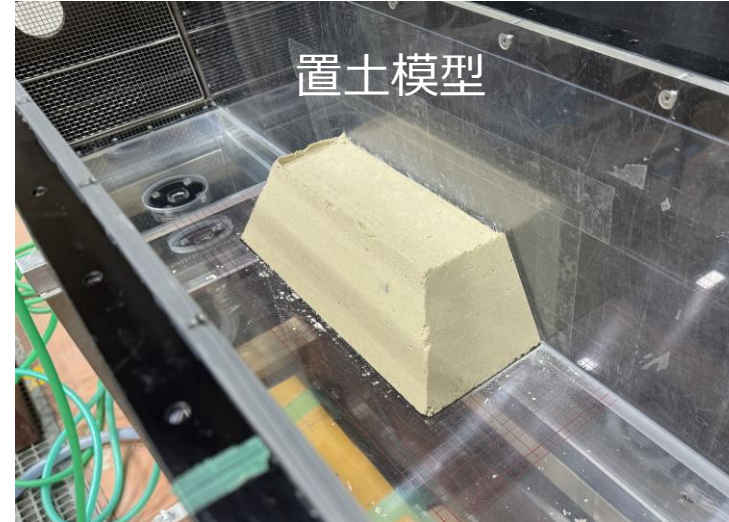
実験装置

- ・ 小型回流水槽
計測部：アクリル
(長さ1.2m×幅0.3m×高さ0.3m)



置土模型

- ・ 四角錐台
底面：40cm×15cm、天端面：30cm×10cm
高さ：10cm
幅方向水槽端部に寄せて、3面が1:0.5の勾配
前方・側面・後方が侵食対象

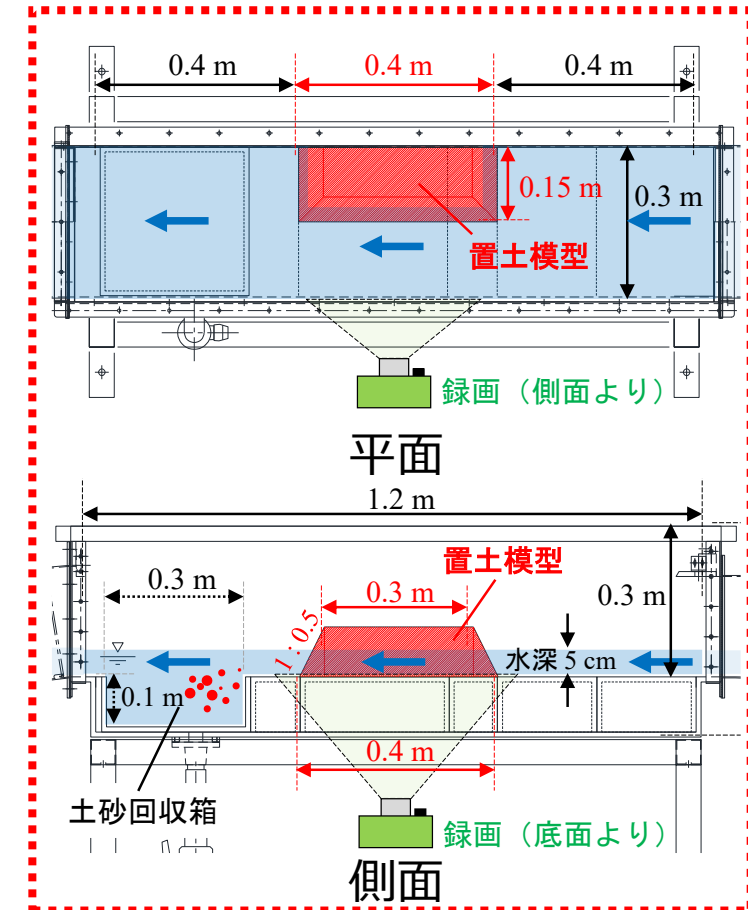


置土材料

- ・ 珪砂8号、非塑性シルト、カオリンをブレンド

実験手順（侵食実験）

1. 土と水をミキサーで攪拌、水路内の型枠を設置し、3層に分けて突き固める
2. 計測部分の水深 5cm まで注水
3. 速やかに流速 0.5m/s で流下開始（小規模な出水を模擬）
4. 計測部側面・底面に設置したカメラで侵食過程を録画

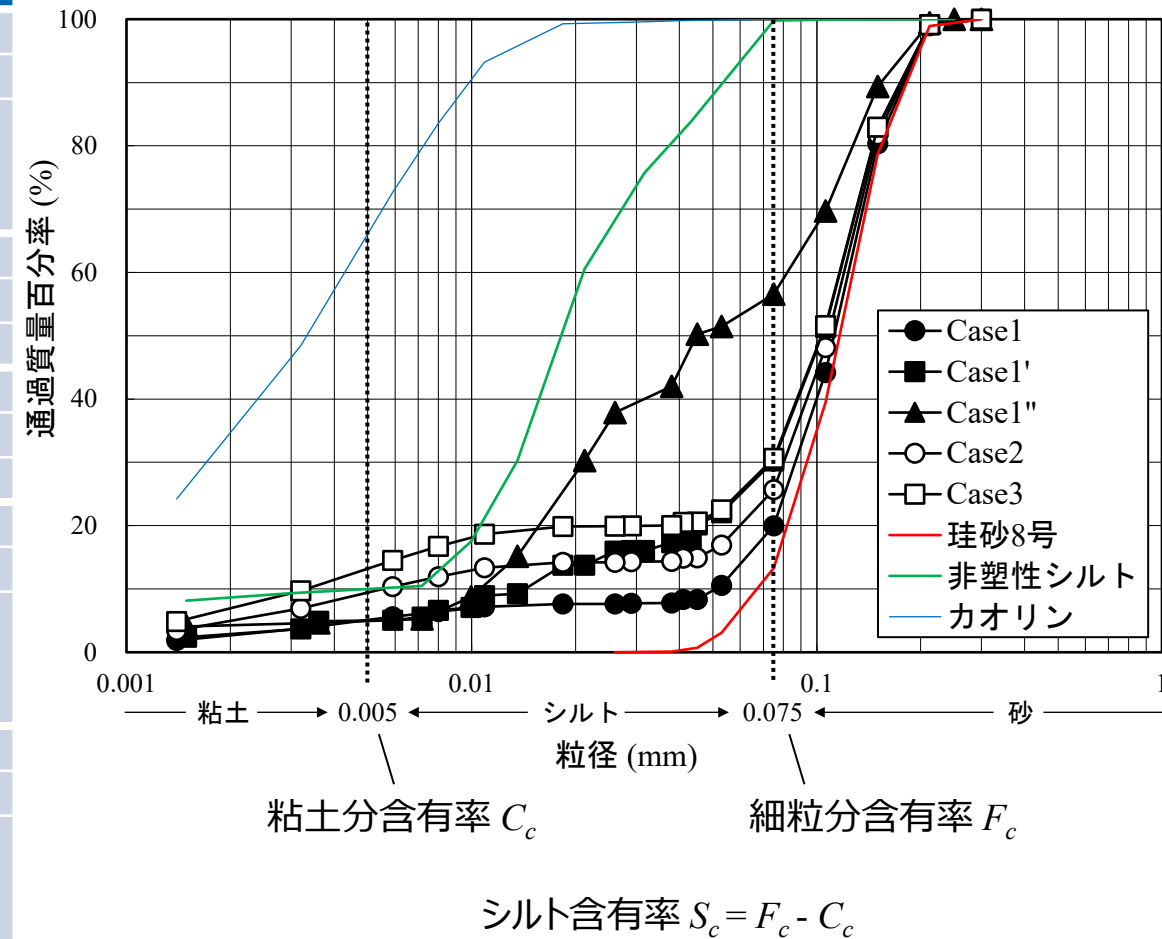


各ケース土の締め固め試験（JISA1210:2020，A-a法）も併せて実施 → 締め固め特性の把握

計測部および置土模型の詳細

実験ケース

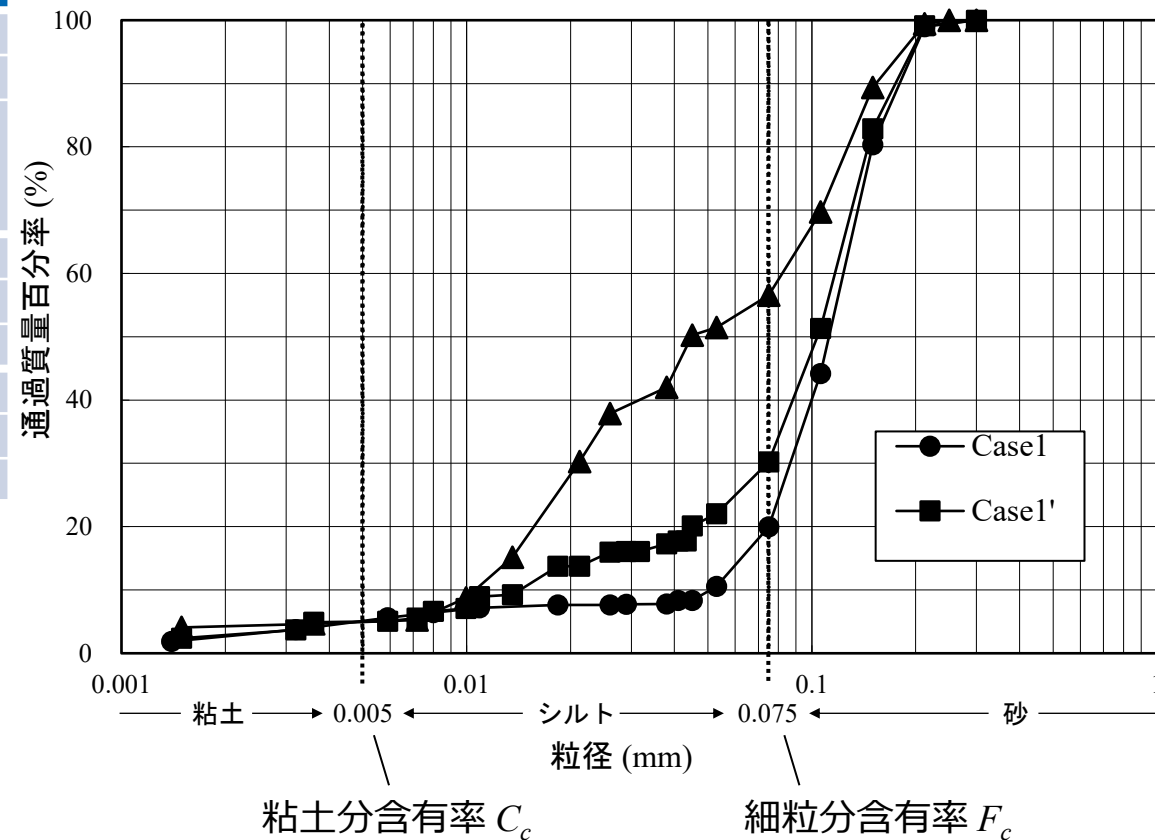
Case	配合比率			細粒分 含有率 F_c (%)	シルト 含有率 S_c (%)	粘土分 含有率 C_c (%)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	含水比 W_c (%)
	珪砂 8号	非塑性 シルト	カオリン					
1	a	12	-	20	15	5	1.500	25
	b							20
	c							15
	d							
	e							
1'	a	300	55	30	25	5	1.500	25
	b							20
	c							15
1''	a	1	1	55	50	5	1.500	25
	b							20
	c							15
2	a	6	-	25	15	10	1.500	25
	b							20
	c							15
	d							
	e							
3	a	4	-	30	15	15	1.500	25
	b							20
	c							15
	d							
	e							



実験ケース：配合比率の違い（細粒分 = シルト + 粘土）

Case	配合比率			細粒分 含有率 F_c (%)	シルト 含有率 S_c (%)	粘土分 含有率 C_c (%)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	含水比 W_c (%)
	珪砂 8号	非塑性 シルト	カオリン					
1	a	12	-	20	15	5	1.500	25
	b							20
	c							15
	d							1.618
	e							1.760
1'	a	300	55	18	25	5	1.500	25
	b							20
	c							15
1''	a	1	1	-	55	5	1.500	25
	b							20
	c							15

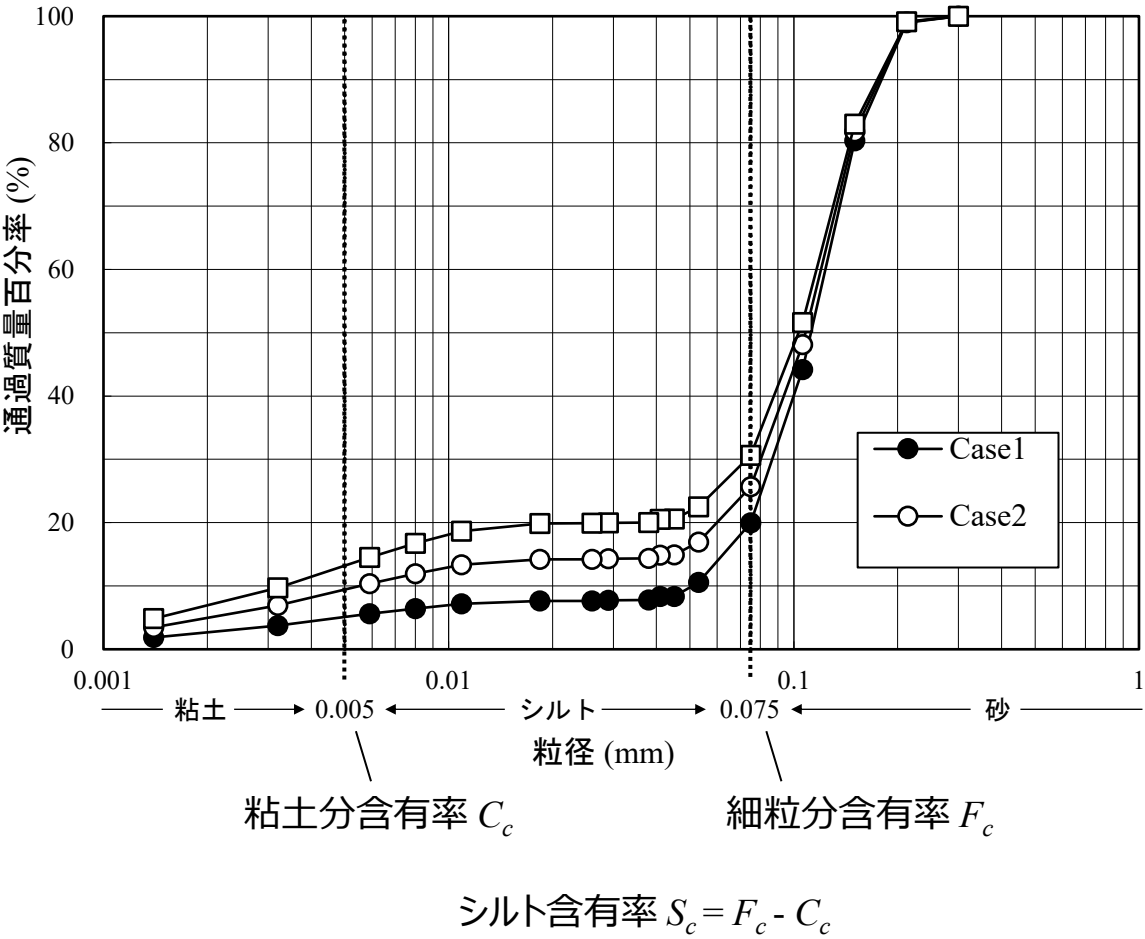
Case1, 1', 1'' : 同じ粘土分含有率 C_c (5%) で
シルト含有率 S_c が異なる



実験ケース：配合比率の違い（細粒分 = シルト + 粘土）

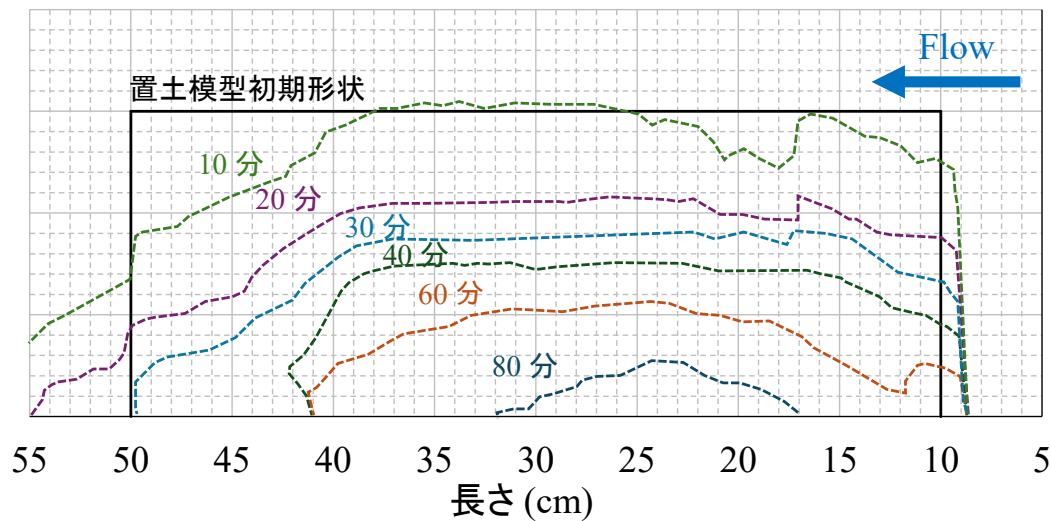
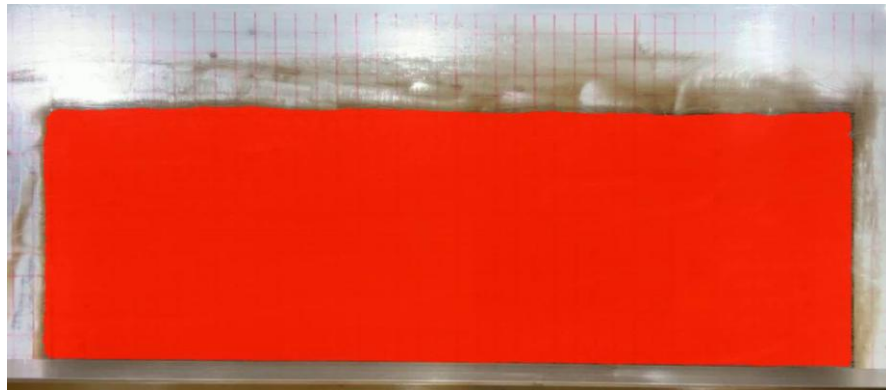
Case	配合比率			細粒分 含有率 F_c (%)	シルト 含有率 S_c (%)	粘土分 含有率 C_c (%)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	含水比 W_c (%)
	珪砂 8号	非塑性 シルト	カオリン					
1	a	12	-	20	15	5	1.500	25
	b							20
	c							15
	d							
	e							
2	a	6	-	25	15	10	1.500	25
	b							20
	c							15
	d							
	e							
3	a	4	-	30	15	15	1.500	25
	b							20
	c							15
	d							
	e							

Case1, 2, 3：同じ **シルト含有率 S_c (15%)** で
粘土分含有率 C_c が異なる

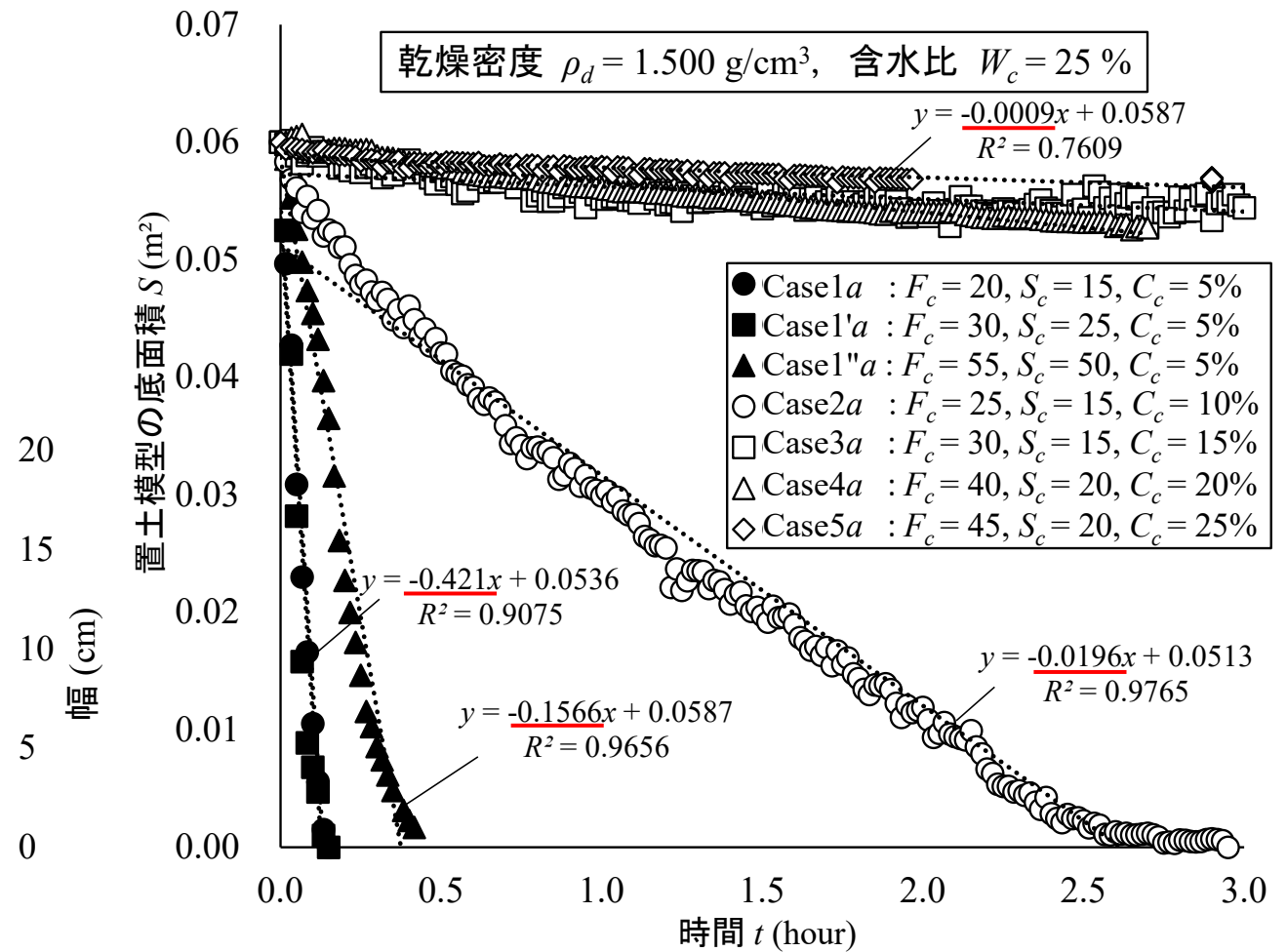


実験結果

傾き：侵食速度 V_{ea} (m^2 / hour)と定義



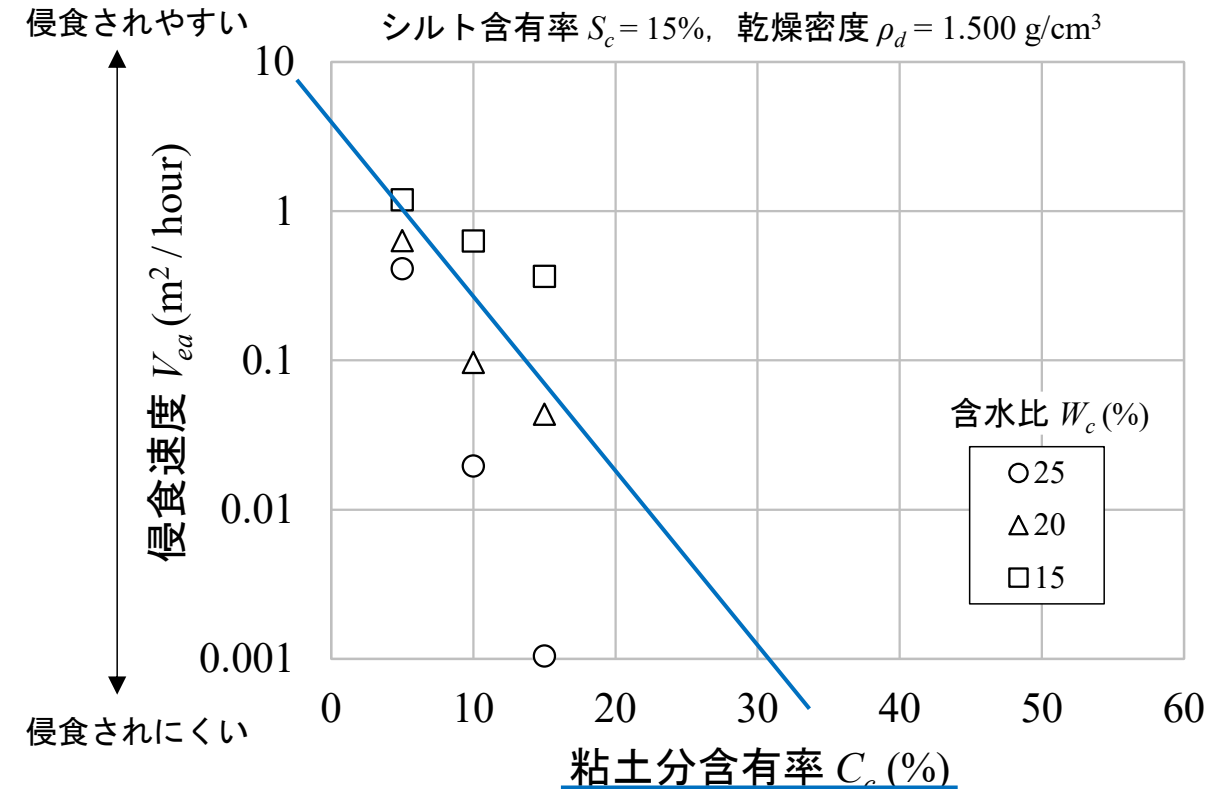
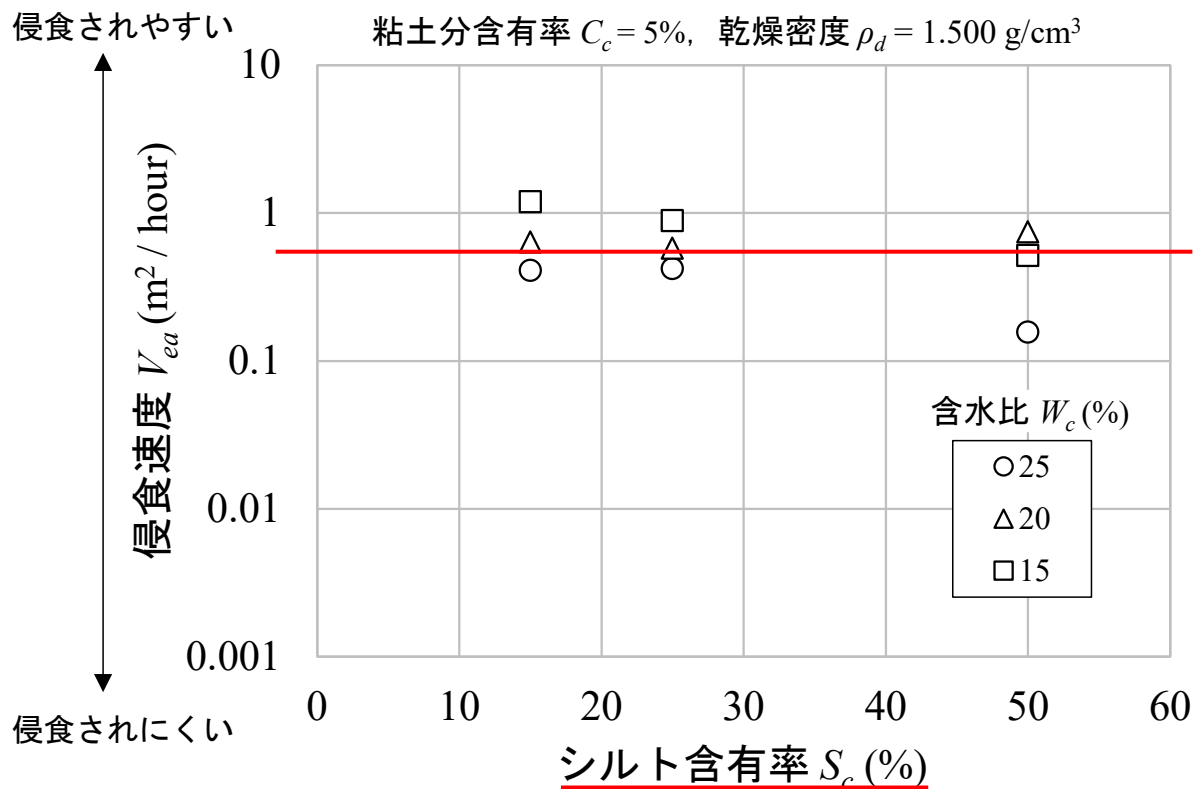
AIモデル (SAM2) を使用した画像解析



置土模型の底面積の経時変化

実験結果（シルト含有率 S_c と粘土分含有率 C_c ）

侵食速度 V_{ea} とシルト含有率 S_c , 粘土分含有率 C_c の関係



侵食速度 V_{ea} は **シルト含有率 S_c** には影響されず **粘土分含有率 C_c** に大きく影響する
⇒ **粘土分含有率 C_c** が大きくなるほど 侵食されにくくなる

実験ケース：乾燥密度 ρ_d と 含水比 W_c の違い

Case	配合比率			細粒分 含有率 F_c (%)	シルト 含有率 S_c (%)	粘土分 含有率 C_c (%)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	含水比 W_c (%)
	珪砂 8号	非塑性 シルト	カオリン					
1	<i>a</i>	12	-	20	15	5	1.500	25
	<i>b</i>							20
	<i>c</i>							15
	<i>d</i>						1.618	
	<i>e</i>						1.760	

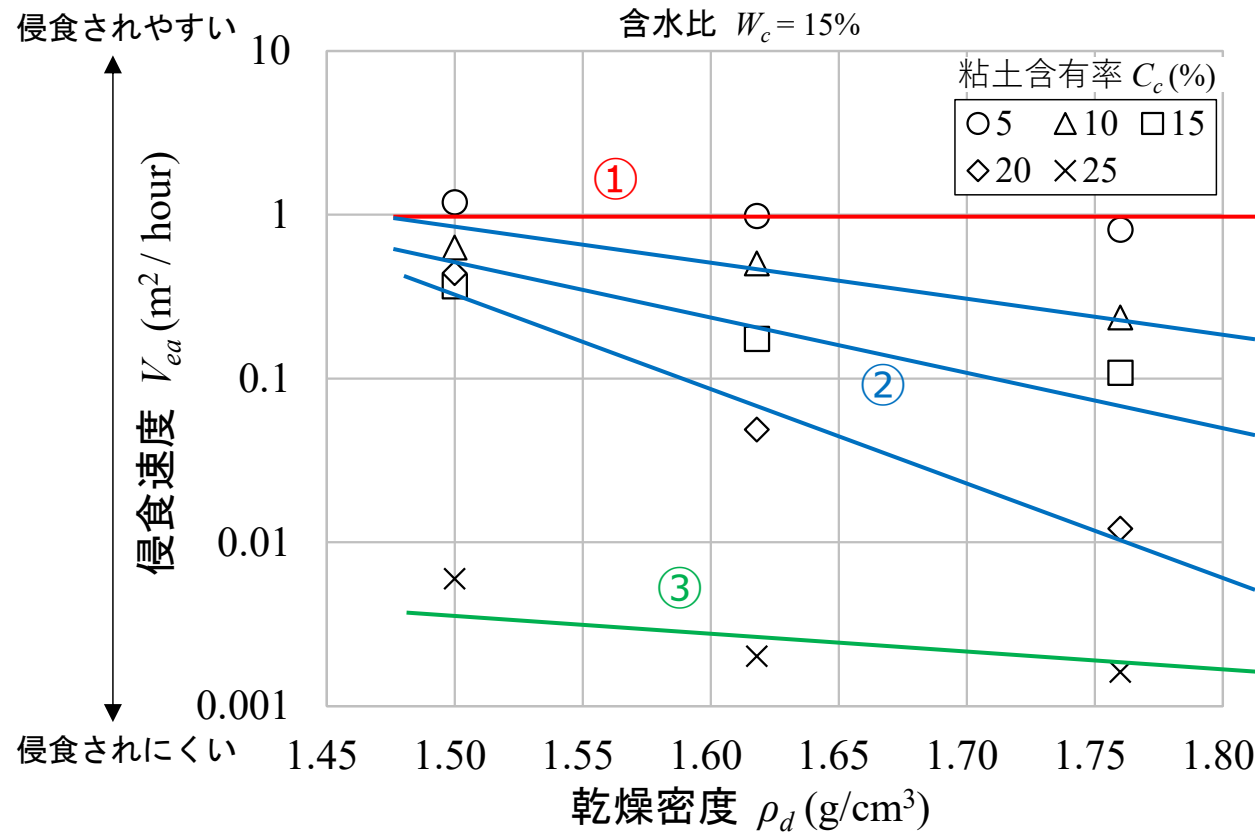
同じ土砂の配合比率で

Case (a), (b), (c) : 同じ **乾燥密度 ρ_d (1.500 g/cm³)** で **含水比 W_c** が異なる

Case (c), (d), (e) : 同じ **含水比 W_c (25%)** で **乾燥密度 ρ_d** が異なる

実験結果（乾燥密度 ρ_d ）

侵食速度 V_{ea} と 乾燥密度 ρ_d (= 締め具合) の関係



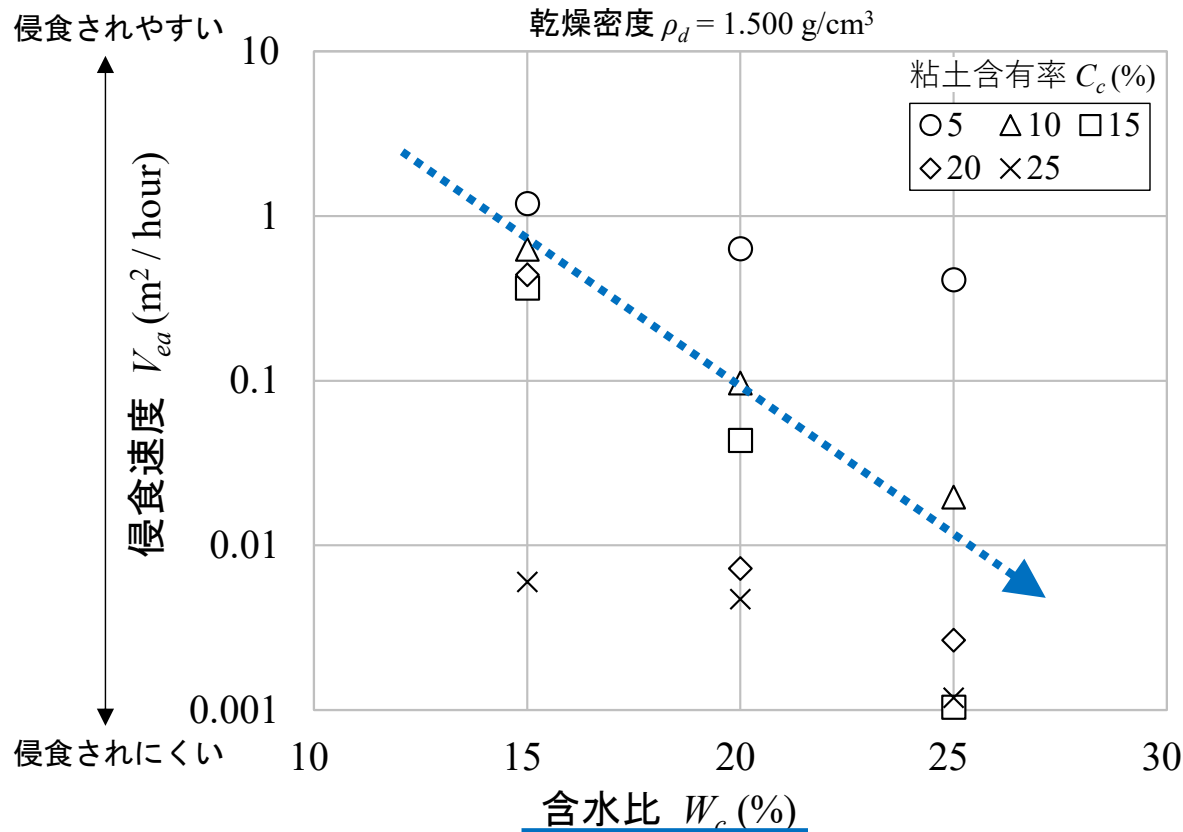
① 粘土分含有率 $C_c = 5\%$:
乾燥密度 ρ_d の影響はほとんどない

② 粘土分含有率 $C_c = 10 \sim 20\%$:
乾燥密度 ρ_d の影響が大きくなり、侵食速度 V_{ea} が低下する

③ 粘土分含有率 $C_c = 25\%$:
乾燥密度 ρ_d の影響はほとんどなく、乾燥密度 ρ_d によらず侵食速度 V_{ea} が著しく小さい

実験結果（含水比 W_c ）

侵食速度 V_{ea} と含水比 W_c の関係



含水比 W_c が大きいほど侵食速度 V_{ea} は小さくなる
⇒ 含水比 W_c が大きいほど侵食されにくくなる

土中の水分が多いほど飽和に近づき、サクションが失われて粒子間力が無くなり、侵食されやすくなるのでは？

実験結果（含水比 W_c ）

含水比 W_c が大きいほど 侵食速度 V_{ea} が小さくなる要因 $\Rightarrow$ 不飽和地盤の透水係数が影響

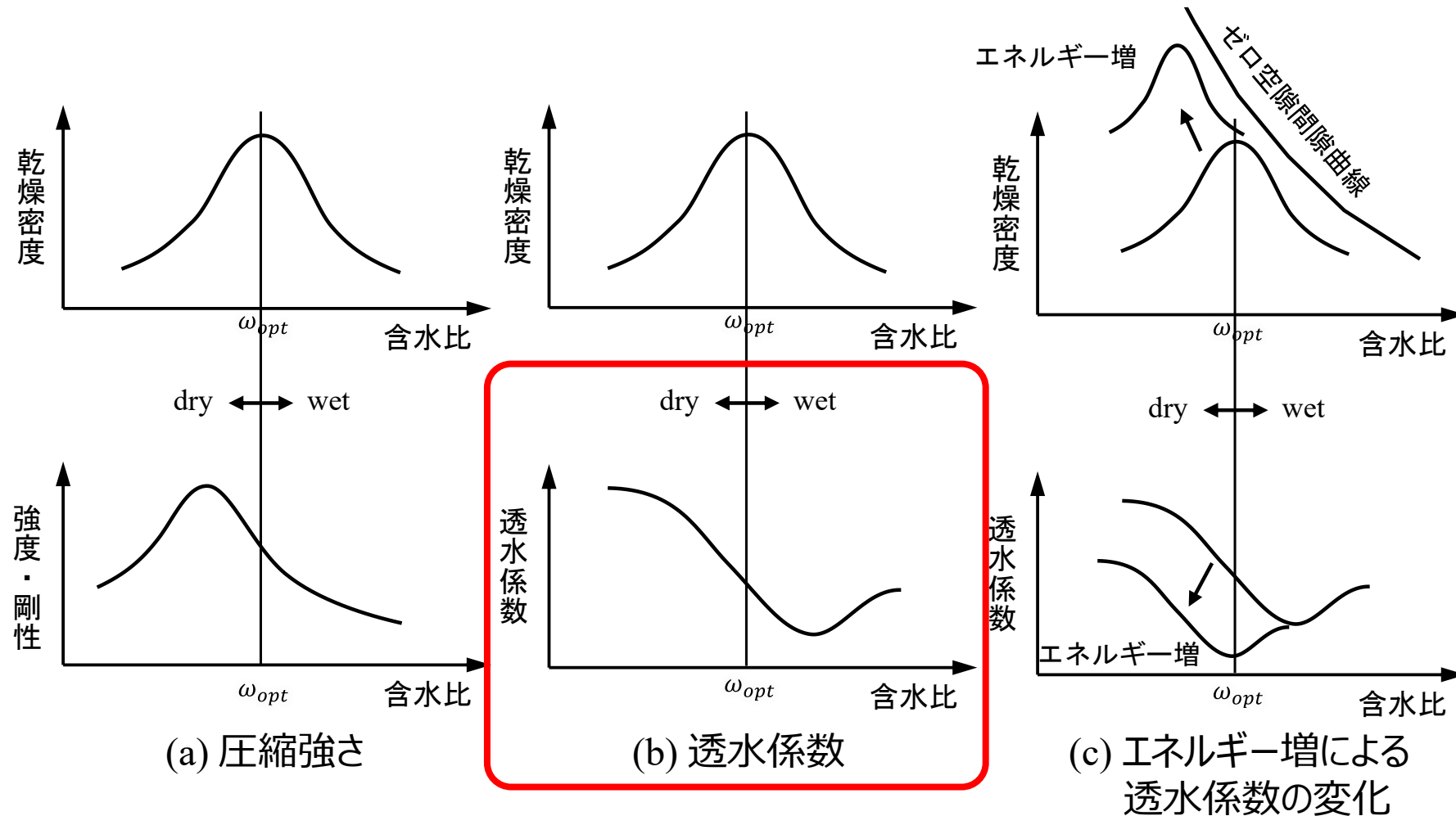


図 締固め土の工学特性と含水比の関係

まとめ

実験まとめ

- ・ 置土の侵食のされにくさは**粘土分含有率 C_c** に大きく影響し、**シルト含有率 S_c** にはほとんど影響しない
- ・ 置土の**乾燥密度 ρ_d** は侵食のされにくさに影響を及ぼすがその影響度合いは粘土分に依存する
粘土分が少ないと**乾燥密度 ρ_d** に関係なく侵食されやすい
粘土分が多くなると**乾燥密度 ρ_d** が大きいほど侵食されにくくなる
更に粘土分が多くなると**乾燥密度 ρ_d** に関係なく侵食されにくくなる
- ・ 置土の**含水比 w_c** が大きいほど侵食されにくくなる。これは**粘着力増加と透水係数が小さくなる**ことが主要因と考えられる

流されやすい適切な置土の土質・施工条件

- ・ 小規模な出水では、**粘土分含有率 C_c** と**含水比 w_c** を抑えることが好ましい。
(しかし、降雨等による水分量の増減は避けられない⇒ **粘土**だけは抑えなければならない)
- ・ **粘土分含有率 C_c** が5%以下に抑えた場合、置土の**乾燥密度 ρ_d** の影響はほとんどない
⇒ 重機等で整地や転圧を実施して置土の高密度化が可能。置土へ適用する浚渫土の容量を多く確保が可能。
河川内に置土し陸域として利用し重機可動範囲を増やし、置土設置箇所拡張等の工夫ができる可能性がある。
- ・ **粘土分含有率 C_c** が5%を超えても、20%以下であれば、置土の**乾燥密度 ρ_d** を小さくすることで流されやすさを保つ
⇒ 上載圧をかけないように高く積まず、低く広域に設置する必要がある。

今後の課題

本研究では置土の流されやすさの観点のみで適切な置土の土質状態を検証した。置土侵食後の流砂の挙動等の観点において適切な置土について検証する。